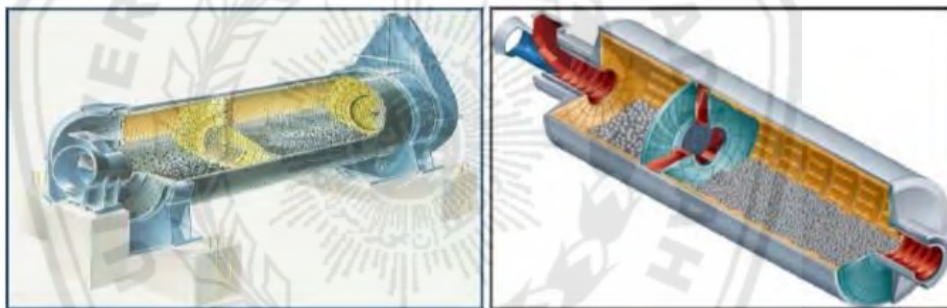


## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Pengertian Ball Mill

Ball mill merupakan salah satu jenis mesin penggiling yang berbentuk silinder yang berfungsi dan digunakan untuk menggiling material keras menjadi material yang sangat halus. Mesin ini biasanya digunakan dalam proses pembuatan cat, keramik, semen, kembang api, batu bara, pigmen feldspar dan serbuk material 3d printing. secara umum prinsip kerjanya adalah mengurangi ukuran material dengan memanfaatkan gerakan bola yang jatuh kebawah pada saat bola terangkat ketika silinder berputar. Perbedaan antara ballmill dan tube mill adalah rasio panjang tabung dengan diameter tabung. Untuk tube mill memiliki perbandingan panjang dengan diameter (3 – 6 : 1), untuk ball mill relasi ini adalah ( $<2 : 1$ ). (Shabana : 2010 )



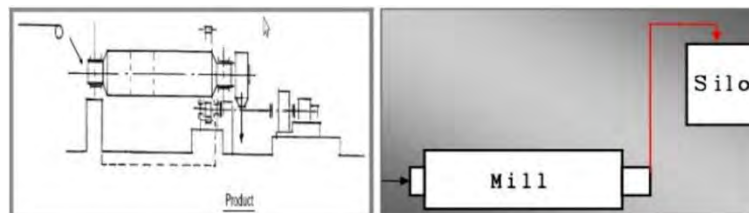
**Gambar 2.1 Tube Mill**

(Sumber : Qatar national cement company Hal 4)

System penggilingan dapat dilakukan dengan dua jenis sirkuit:

##### 1. Sirkuit Terbuka

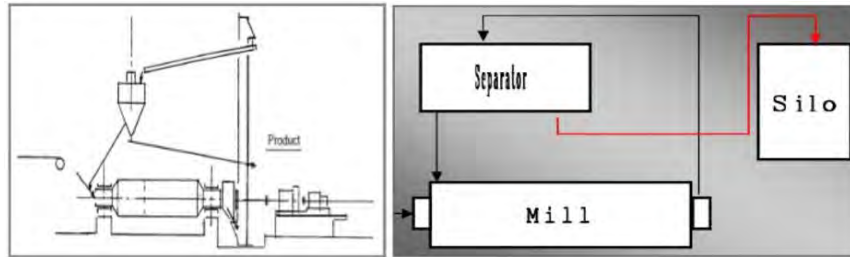
Sirkuit Terbuka adalah komponen di mana material di outlet mill memiliki ukuran yang dibutuhkan dan langsung menuju ke Silo penyimpanan.



**Gambar 2.2 Open Circuit Mill**

## 2. Sirkuit tertutup

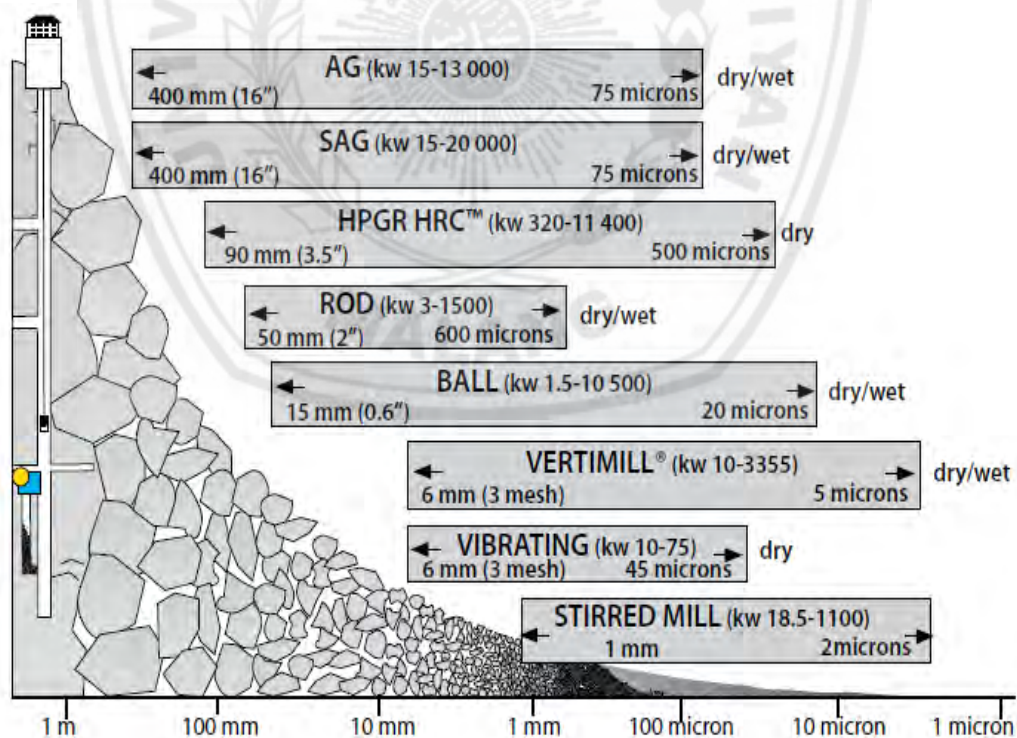
Sirkuit Tertutup adalah sistem dimana material di outlet mill melewati pemisah, partikel dengan kehalusan yang dibutuhkan masuk ke silo penyimpanan dan partikel kasar kembali masuk penggilingan.



Gambar 2.3 Close Circuit Mill

## 2.2 Rasio Pengurangan Material

Semua penghancur termasuk impactors memiliki rasio reduksi yang terbatas. Dibawah ini pengurangan ukuran secara teoritis dan rentang daya untuk penggilingan dari tipe penggiling yang berbeda pada tahap yang optimal.



Gambar 2.4 Rasio Pengurangan Material

( Sumber : Basic in mineral processing chapter 3 Hal 25 )

### 2.3 Power Grinding

Power grinding adalah energi yang dibutuhkan untuk menggerus biji dari ukuran umpan,  $D_u$  menjadi ukuran produk,  $D_p$  untuk laju pengumpanan tertentu dalam ton per jam. Power grinding bisa dinyatakan dalam daya listrik, kilowatt, atau kw. Power grinding dihitung dengan persamaan berikut :

$$W = 10 \times W_i \times \left[ \frac{1}{\sqrt{D_p}} - \frac{1}{\sqrt{D_u}} \right] \quad (\text{Walas : 1988})$$

Dimana :  $W$  = Power grinding ( Kw )

$W_i$  = Work index

$D_p$  = Diameter produk ( $\mu\text{m}$ )

$D_u$  = Diameter umpan ( $\mu\text{m}$ )

**Tabel 2.1 Work index material,  $W_i$  ( Kwh/ton )**

| Material              | Work Index $W_i$ | Material               | Work Index $W_i$ |
|-----------------------|------------------|------------------------|------------------|
| All materials tested  | 13.81            | Kyanite                | 18.87            |
| Andesite              | 22.13            | Lead ore               | 11.40            |
| Barite                | 6.24             | Lead-zinc ore          | 11.35            |
| Basalt                | 20.41            | Limestone              | 11.61            |
| Bauxite               | 9.45             | Limestone for cement   | 10.18            |
| Cement clinker        | 13.49            | Manganese ore          | 12.46            |
| Cement raw material   | 10.57            | Magnesite, dead burned | 16.80            |
| Chrome ore            | 9.60             | Mica                   | 134.50           |
| Clay                  | 7.10             | Molybdenum             | 12.97            |
| Clay, calcined        | 1.43             | Nickel ore             | 11.88            |
| Coal                  | 11.37            | Oil shale              | 18.10            |
| Coke                  | 20.70            | Phosphate fertilizer   | 13.03            |
| Coke, fluid petroleum | 38.60            | Phosphate rock         | 10.13            |
| Coke, petroleum       | 73.80            | Potash ore             | 8.88             |
| Copper ore            | 13.13            | Potash salt            | 8.23             |
| Coral                 | 10.16            | Pumice                 | 11.93            |
| Diorite               | 19.40            | Pyrite ore             | 8.90             |
| Dolomite              | 11.31            | Pyrrhotite ore         | 9.57             |
| Emery                 | 58.18            | Quartzite              | 12.18            |
| Feldspar              | 11.67            | Quartz                 | 12.77            |
| Ferro-chrome          | 8.87             | Rutile ore             | 12.12            |
| Ferro-manganese       | 7.77             | Sandstone              | 11.53            |
| Ferro-silicon         | 12.83            | Shale                  | 16.40            |
| Flint                 | 26.16            | Silica                 | 13.53            |
| Fluorspar             | 9.76             | Silica sand            | 16.46            |
| Gabbro                | 18.45            | Silicon carbide        | 26.17            |
| Galena                | 10.19            | Silver ore             | 17.30            |
| Garnet                | 12.37            | Sinter                 | 8.77             |

(Sumber : Chemical Process Equipment Chapter 12 Hal 342)

## 2.4 Mill Motor Power

Mill motor power adalah energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan poros mill. Power draft dinyatakan dalam daya listrik, kilo watt, atau kw dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N = \frac{W \cdot Q}{\eta G} \quad (\text{cement course / seminar: 1995})$$

Dimana :

N : daya motor

Q : Kapasitas

W : Power grinding

$\eta G$ : Effisiensi mekanik total

## 2.5 Diameter & Panjang Mill

Diameter dan panjang mill tube bergantung pada berbagai faktor. Faktor yang paling penting adalah kapasitas, kekerasan material, ukuran pakan, kehalusan produk jadi, rangkaian sirkuit terbuka atau tertutup, dan sistem penggilingan.

Kapasitas mill tergantung pada penampang dan diameter gilingan. Disisi lain, kehalusan bahan di outlet mill tergantung pada waktu retensi bahan di penggilingan. Faktor utama yang mempengaruhi waktu retensi adalah panjang gilingan. Oleh karena itu, rasio panjang terhadap diameter (L / D) penggilingan merupakan faktor penting untuk desain mill yang optimal. (Shabana : 2010 )

$$D_i = \left[ \frac{N}{33,33 \cdot c \cdot \lambda \cdot f \cdot \gamma Q \cdot k} \right]^{0,286}$$

(cement course / seminar : 1995 )

Dimana :

$D_i$  : diameter dalam shell, (m)

f : filling degree, (-)

N : Mill motor power, (kw)

$\gamma Q$  : Bulk density, ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

C : power consumption factor , (-)

K : percentage of critical speed, (%)

$\lambda$  : rasio panjang diameter , (-)

- **Filling degree ( f )**

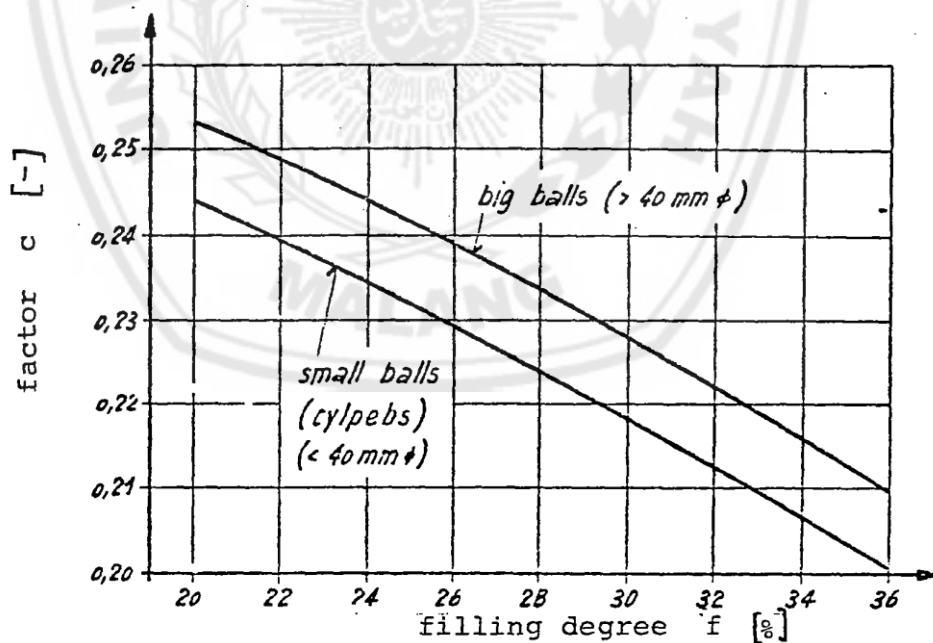
Filling degree adalah volume dari muatan media penggiling yang dinyatakan sebagai persentase dari volume total gilingan lihat table 2.2 dibawah ini :

| Type of mill      | Filling degree |          |           |
|-------------------|----------------|----------|-----------|
|                   | Comp. I        | Comp. II | Comp. III |
| Single comp. mill | 27-33          | ---      | ---       |
| Two comp. mill    | 27-33          | 25-30    | ---       |
| Three comp. mill  | 26-32          | 26-30    | 23-27     |
| Air swept mill    | 26-30          | ---      | ---       |

**Tabel 2.2 filling degree**  
(cement course/ seminar : 1995 )

- **Factor konsumsi daya ( c )**

faktor konsumsi daya c tergantung pada tingkat pengisian dan ukuran media gerinda. oleh karena itu nilai c tidak dapat dihitung secara teoritis. Lihat tabel 2.3 faktor konsumsi daya dibawah ini :



**Tabel 2.3 Faktor Konsumsi Daya**  
(cement course/ seminar : 1995 )



- **Rasio panjang diameter,  $\lambda$**

Untuk memastikan stabilitas tabung penggilingan, Bernutat telah mengembangkan persamaan yang mana diameter telah ditentukan dari perhitungan sebelumnya.

satu kompartemen rasio  $(L / D) = 1,5$

dua kompartemen rasio  $(L / D) = 3,0$

tiga kompartemen rasio  $(L / D) = 4,5$

- **Bulk density,  $\gamma_Q$**

Yaitu berat keseluruhan material dalam suatu wadah dibagi volume total dari material tersebut

Bola baja 100 – 60 mm : 4,4 ton / m<sup>3</sup>

Bola baja 50 – 30 mm : 4,6 ton / m<sup>3</sup>

Bola baja 30 – 20 mm : 4,8 ton / m<sup>3</sup>

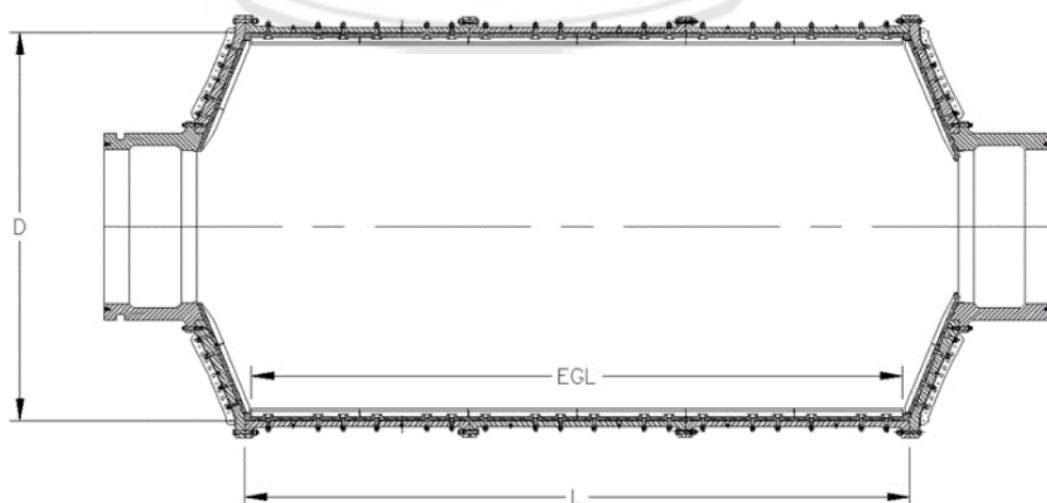
(shabana : 2010)

- **Percentage of critical speed, k**

kecepatan kritis relative dengan kecepatan gaya sentrifugal. Agar mill bekerja dalam kondisi optimal, kecepatan putaran harus sedekat mungkin sampai 75 % dari kecepatan kritis dan kecepatan normal berkisar antara 67 sampai 78 %.

(shabana : 2010)

- **Ball Mills Data Sheet**



Tabel 2.4 Standart Ukuran Ball Mill

| Standard Mill size (m) | Geared/Gearless | Std %TCS | Approx hp/kW | Motor hp/kW |
|------------------------|-----------------|----------|--------------|-------------|
| 9' x 12' (2,7x3,7)     | Geared          | 76       | 388/290      | 450/335     |
| 9' x 14' (2,7x4,2)     | Geared          | 76       | 455/340      | 500/373     |
| 9.5' x 15' (2,9x4,6)   | Geared          | 76       | 564/420      | 600/447     |
| 10' x 15' (3,0x4,6)    | Geared          | 76       | 596/445      | 700/522     |
| 10.5' x 15' (3,2x4,6)  | Geared          | 76       | 734/547      | 800/597     |
| 10.5' x 17' (3,2x5,2)  | Geared          | 76       | 836/623      | 900/671     |
| 11' x 17' (3,3x5,2)    | Geared          | 76       | 944/704      | 1000/746    |
| 11.5' x 18' (3,5x5,5)  | Geared          | 76       | 1125/839     | 1250/932    |
| 13' x 17' (3,9x5,2)    | Geared          | 76       | 1460/1089    | 1500/1119   |
| 13' x 19' (3,9x5,8)    | Geared          | 76       | 1637/1220    | 1750/1305   |
| 14' x 18' (4,2x5,5)    | Geared          | 76       | 1877/1400    | 2000/1491   |
| 14' x 20' (4,2x6,0)    | Geared          | 76       | 2091/1559    | 2250/1677   |
| 15' x 19' (4,6x5,8)    | Geared          | 76       | 2372/1769    | 2500/1864   |
| 15.5' x 21' (4,7x6,4)  | Geared          | 76       | 2861/2133    | 3000/2237   |
| 16.5' x 21' (5,0x6,4)  | Geared          | 76       | 3362/2507    | 3000/2237   |
| 16.5' x 24' (5,0x7,3)  | Geared          | 76       | 3854/2873    | 4000/2983   |
| 16.5' x 27' (5,0x8,2)  | Geared          | 76       | 4346/3240    | 4500/3356   |
| 16.5' x 30' (5,0x9,1)  | Geared          | 76       | 4838/3608    | 5000/3728   |
| 16.5' x 33' (5,0x10,0) | Geared          | 76       | 5330/3975    | 5500/4101   |
| 18' x 29' (5,5x8,8)    | Geared          | 76       | 5847/4360    | 6000/4474   |
| 18' x 31.5' (5,5x9,6)  | Geared          | 76       | 6360/4743    | 6000/4474   |
| 18' x 33.5' (5,5x10,2) | Geared          | 76       | 6771/5049    | 7000/5220   |

( Sumber : Basic in mineral processing chapter 3 Hal 45-46)

Tabel 2.5 (IS)Standart Baut dan Mur

| Designation<br><br>(1) | Pitch<br>mm<br><br>(2) | Major<br>or<br>nominal<br>diameter<br>Nut and<br>Bolt<br>(d = D)<br>mm<br>(3) | Effective<br>or pitch<br>diameter<br>Nut and<br>Bolt<br>(d <sub>p</sub> ) mm<br>(4) | Minor or core-<br>diameter<br>(d <sub>c</sub> ) mm |                | Depth of<br>thread<br>(bolt)<br>mm<br>(7) | Stress<br>area<br>mm <sup>2</sup><br>(8) |
|------------------------|------------------------|---|---|--|----------------|---|--|
|                        |                        |   |   | Bolt<br><br>(5)                                    | Nut<br><br>(6) |   |  |
| Coarse series          |                        |   |   |  |                |   |  |
| M 0.4                  | 0.1                    | 0.400   | 0.335   | 0.277  | 0.292          | 0.061                                     | 0.074                                    |
| M 0.6                  | 0.15                   | 0.600   | 0.503   | 0.416  | 0.438          | 0.092                                     | 0.166                                    |
| M 0.8                  | 0.2                    | 0.800   | 0.670   | 0.555  | 0.584          | 0.123                                     | 0.295                                    |
| M 1                    | 0.25                   | 1.000   | 0.838   | 0.693  | 0.729          | 0.153                                     | 0.460                                    |
| M 1.2                  | 0.25                   | 1.200   | 1.038   | 0.893  | 0.929          | 0.158                                     | 0.732                                    |
| M 1.4                  | 0.3                    | 1.400   | 1.205   | 1.032  | 1.075          | 0.184                                     | 0.983                                    |
| M 1.6                  | 0.35                   | 1.600   | 1.373   | 1.171  | 1.221          | 0.215                                     | 1.27                                     |
| M 1.8                  | 0.35                   | 1.800   | 1.573   | 1.371  | 1.421          | 0.215                                     | 1.70                                     |
| M 2                    | 0.4                    | 2.000   | 1.740   | 1.509  | 1.567          | 0.245                                     | 2.07                                     |
| M 2.2                  | 0.45                   | 2.200   | 1.908   | 1.648  | 1.713          | 0.276                                     | 2.48                                     |
| M 2.5                  | 0.45                   | 2.500   | 2.208   | 1.948  | 2.013          | 0.276                                     | 3.39                                     |
| M 3                    | 0.5                    | 3.000   | 2.675   | 2.387  | 2.459          | 0.307                                     | 5.03                                     |
| M 3.5                  | 0.6                    | 3.500   | 3.110   | 2.764  | 2.850          | 0.368                                     | 6.78                                     |
| M 4                    | 0.7                    | 4.000   | 3.545   | 3.141  | 3.242          | 0.429                                     | 8.78                                     |

| (1)   | (2)  | (3)    | (4)    | (5)    | (6)    | (7)   | (8)   |
|-------|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| M 4.5 | 0.75 | 4.500  | 4.013  | 3.580  | 3.688  | 0.460 | 11.3  |
| M 5   | 0.8  | 5.000  | 4.480  | 4.019  | 4.134  | 0.491 | 14.2  |
| M 6   | 1    | 6.000  | 5.350  | 4.773  | 4.918  | 0.613 | 20.1  |
| M 7   | 1    | 7.000  | 6.350  | 5.773  | 5.918  | 0.613 | 28.9  |
| M 8   | 1.25 | 8.000  | 7.188  | 6.466  | 6.647  | 0.767 | 36.6  |
| M 10  | 1.5  | 10.000 | 9.026  | 8.160  | 8.875  | 0.920 | 58.3  |
| M 12  | 1.75 | 12.000 | 10.863 | 9.858  | 10.106 | 1.074 | 84.0  |
| M 14  | 2    | 14.000 | 12.701 | 11.546 | 11.835 | 1.227 | 115   |
| M 16  | 2    | 16.000 | 14.701 | 13.546 | 13.835 | 1.227 | 157   |
| M 18  | 2.5  | 18.000 | 16.376 | 14.933 | 15.294 | 1.534 | 192   |
| M 20  | 2.5  | 20.000 | 18.376 | 16.933 | 17.294 | 1.534 | 245   |
| M 22  | 2.5  | 22.000 | 20.376 | 18.933 | 19.294 | 1.534 | 303   |
| M 24  | 3    | 24.000 | 22.051 | 20.320 | 20.752 | 1.840 | 353   |
| M 27  | 3    | 27.000 | 25.051 | 23.320 | 23.752 | 1.840 | 459   |
| M 30  | 3.5  | 30.000 | 27.727 | 25.706 | 26.211 | 2.147 | 561   |
| M 33  | 3.5  | 33.000 | 30.727 | 28.706 | 29.211 | 2.147 | 694   |
| M 36  | 4    | 36.000 | 33.402 | 31.093 | 31.670 | 2.454 | 817   |
| M 39  | 4    | 39.000 | 36.402 | 34.093 | 34.670 | 2.454 | 976   |
| M 42  | 4.5  | 42.000 | 39.077 | 36.416 | 37.129 | 2.760 | 1,104 |
| M 45  | 4.5  | 45.000 | 42.077 | 39.416 | 40.129 | 2.760 | 1,300 |
| M 48  | 5    | 48.000 | 44.752 | 41.795 | 42.587 | 3.067 | 1,465 |
| M 52  | 5    | 52.000 | 48.752 | 45.795 | 46.587 | 3.067 | 1.755 |
| M 56  | 5.5  | 56.000 | 52.428 | 49.177 | 50.046 | 3.067 | 2.022 |
| M 60  | 5.5  | 60.000 | 56.428 | 53.177 | 54.046 | 3.374 | 2,360 |

(IS:1362-1962).

## 2.6 Kecepatan Penggilingan Ball Mill

Kecepatan operasi mill dapat dinyatakan dalam persen kecepatan kritis mill. Kecepatan operasi optimal terutama bergantung pada tingkat pengisian, ukuran media gerinda dan jenis liner.

Kecepatan kritis sebuah mill adalah kecepatan rotasi di mana gaya sentrifugal menetralkan gaya gravitasi yang mempengaruhi bola penggilingan agar bola penggiling tidak jatuh dan oleh karena itu tidak melakukan pekerjaan penggilingan. Atau untuk membuat definisi lebih mudah, kecepatan kritis adalah kecepatan rotasi (rpm) mill relatif terhadap kecepatan gaya sentrifugal yang hanya melawan gravitasi dan menahan muatan pada shell selama rotasi. Agar mill bekerja dalam kondisi optimal, kecepatan putaran harus sedekat mungkin sampai 75 % dari kecepatan kritis dan kecepatan normal berkisar antara 67 sampai 78 %. (Shabana:2010)

- Perhitungan Kecepatan Kritis:

$$\text{Kecepatan Kritis, } n_c = 42.3 / (D_i)^{0.5}$$



Dalam kecepatan ini bola penggilingan tidak melakukan pekerjaan yang berguna

$$\text{Kecepatan Praktis, } n_p = 32 / (D_i)^{0.5}$$

Agar mill bekerja dalam kondisi optimal, kecepatan putaran harus sedekat mungkin sampai 75% dari kecepatan kritis, dan kecepatan normal dianggap antara 67 sampai 78% dari kecepatan kritis.

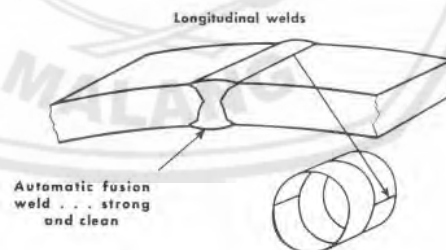
$$\% n = ((\text{kecepatan operasi}) / n_c) \cdot 100$$

( Shabana:2010)

## 2.7 Stuktur Cylinder Body Mill

### 2.7.1 Shell

Shell adalah struktur yang dilas dan dibuat dari lembaran baja yang memiliki banyak lubang sebagai tempat diikatnya grate liner. pelat boiler juga sering digunakan dalam pembuatan komponen ini. Ketebalan shell berkisar antara 1/100 dan 1/75 diameter mill. Perlu disebutkan bahwa ketebalan kulit tidak hanya bergantung pada diameter, tapi juga panjangnya. (Shabana: 2010)



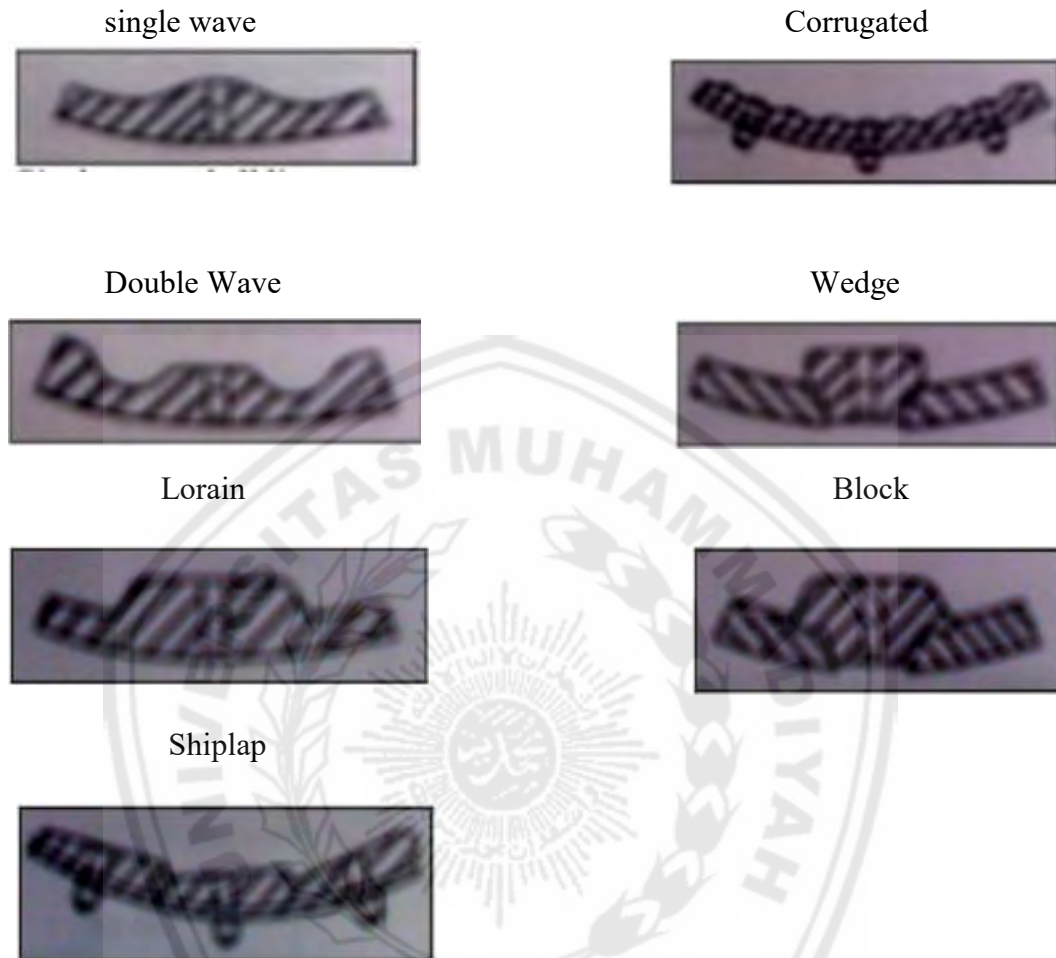
**Gambar 2.5 Struktur sambungan shell**  
(Sumber : [www.911metallurgist.com](http://www.911metallurgist.com))

### 2.7.2 Lapisan Shell

#### - Bentuk Permukaan Liner Mill

liner mill, yang merupakan satu-satunya cara untuk mempertahankan gerak dan lintasan bola grinding yang benar. Ketebalan liner gilingan

tergantung pada diameter penggiling dan juga ukuran media penggilingan dan bentuk liner gilingan biasanya berbentuk persegi panjang.



**Gambar 2.6 Variasi Grate liner**

(Sumber : Qatar national cement company Hal 8-9)

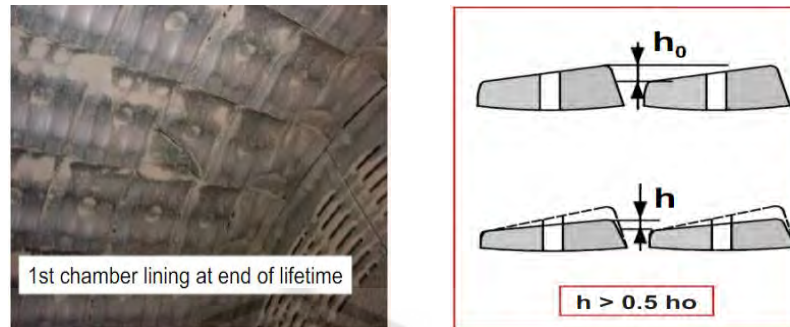
#### - **Klasifikasi Shell liner**

Prinsip dasar lapisan shell adalah bahwa bentuk lapisan menyebabkan klasifikasi ukuran bola penggiling. Penyesuaian ukuran dari media gerinda ini berdampak pada meningkatnya kehalusan produk serta meningkatkan efisiensi penggilingan. Hal ini menegaskan teori bahwa ukuran media penggilingan harus disesuaikan dengan kehalusan produk, atau dengan kata lain Semakin kecil produknya, semakin kecil media penggilingannya

Persyaratan tinggi yang dibutuhkan (1<sup>st</sup> chamber)

a. persyaratan ini harus diselesaikan sesuai kasus masing-masing melalui evaluasi penggilingan kasar.

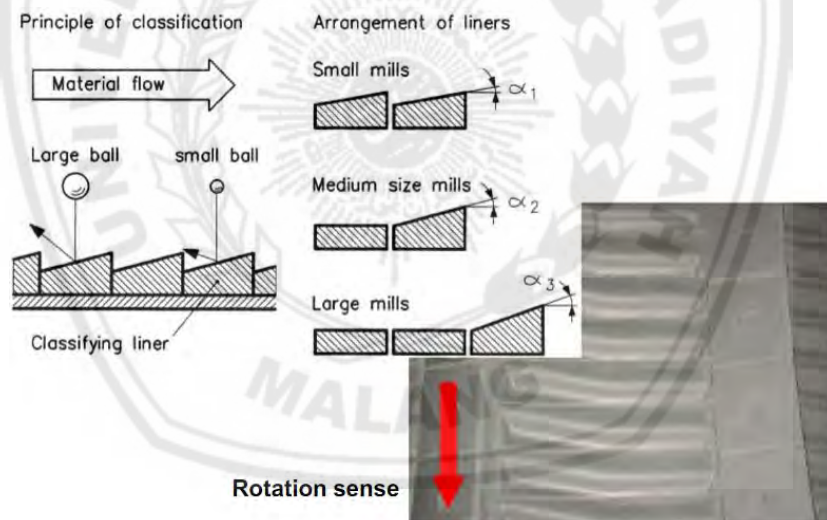
b. Aturan :  $h$  harus lebih besar dari 50 (mm)



**Gambar 2.7 persyaratan Tinggi yang dibutuhkan 1<sup>st</sup> chamber**

(Sumber : Tikaria mill workshop Hal 19)

- **Klasifikasi Liner untuk Fine Grinding (2<sup>nd</sup> Ruang)**



**Gambar 2.8 Klasifikasi Grate liner untuk fine grinding**

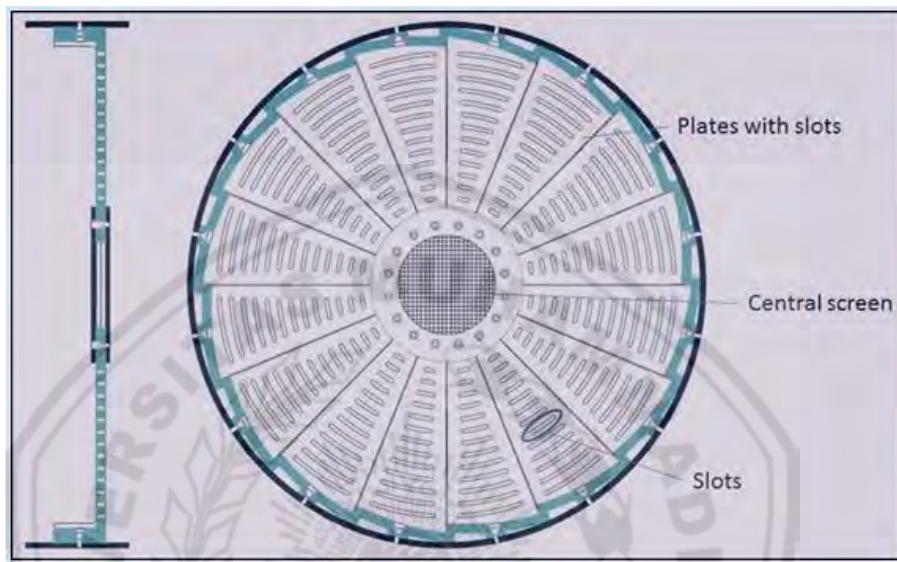
(Sumber : Tikaria mill workshop Hal 20)

Single wave liner direkomendasikan untuk ukuran bola berdiameter lebih besar dari 50 mm. Jumlah lifter sama dengan  $6.6 D$  dalam satuan meter dengan tebal lapisan 50 sampai 65 mm serta ketinggian ombak 60 sampai 75mm dari atas lapisan. Karena dampak dari penggilingan bola sangat besar biasanya single wave liner untuk ball mill dibuat dari baja paduan atau besi

cor. Diantara bahan cor yang digunakan untuk pelapis adalah Ni- hard, baja chrome-molibdenum, dan baja mangan. kerusakan dini dan kehilangan bekas luka dikurangi dengan pemilihan liner yang benar

(Sumber : <https://www.911metallurgist.com>)

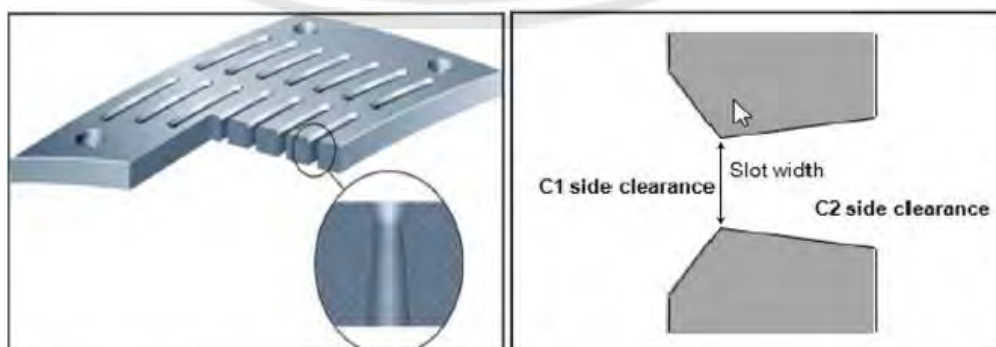
## 2.8 Mill Partition (Diaphragm Screen):



**Gambar 2.9 Grate Discharge**

(sumber : <http://www.thecementgrindingoffice.com>)

Partisi atau Grate Discharge dirancang untuk mencegah berlalunya partikel kebesaran ke kompartemen mill berikutnya atau keluar sebagai produk hasil. Dan dari diaphragm terdapat bagian yang utama dalam proses menyaring partikel debu yaitu plate slot seperti dibawah ini



**Gambar 2.10 Diaphragm plate slot**

(Sumber : Qatar national cement company Hal 9)



Desain slot harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Slot harus tahan terhadap kerusakan
- Penyumbatan minimal slot harus oleh partikel atau karena benturan
- Slot harus memungkinkan aliran udara dan material yang mudah
- Lebar slot dari 6mm sampai 8mm, 10mm atau lebih tergantung dari jenis material yang akan digiling dan kebutuhan ventilasi. Untuk semen OPC normal, slot 6mm banyak digunakan.

**Tabel 2.6 Dimensi plate slot**

|              | Intermediate diaphragms | Outlet diaphragms |
|--------------|-------------------------|-------------------|
| Cement mills | 6-8mm                   | 8-10mm            |
| Raw mills    | 10-16mm                 | 12-18mm           |
| Slurry mills | 6-10mm                  | 8-12mm            |

(Sumber : [www.thecementgrindingoffice.com](http://www.thecementgrindingoffice.com))

## 2.9 Media Grinding

### 1. Grinding Ball Charge Mill

Menurut Levenson, muatan bola penggiling optimal harus  $r = 0,16D$ . Tingkat muatan bola bervariasi dengan batas 25 dan 45%. Sebuah muatan bola di bawah 25% menyebabkan tergelincirnya bola dilapisan mill. Muatan bola di atas 45% menyebabkan gangguan sepanjang lintasan media penggilingan. Sehingga dirangkum tentang Muatan bola penggiling umumnya dipakai dengan tingkat muatan bola antara 28% dan 34%. (Shabana : 2010)

### 2. Diameter Ball

Untuk pemanfaatan ruang yang lebih baik yang ditempati oleh media penggilingan, bola penggilingan dengan diameter yang berbeda digunakan. Kompartemen mill pertama, dimana penggilingan dilakukan oleh penggilingan kasar saja yang harus mengandung bola berdiameter 100 - 60 mm. Kompartemen mill kedua, dimana kominusi dilakukan oleh benturan dan gesekan (kebanyakan oleh gesekan) harus diisi dengan bola berdiameter 60 - 15 mm. (Shabana : 2010)

Tabel 2.7 Holcim standart 1<sup>st</sup> kompartement

| <b>1. Compartment</b> |              |             |
|-----------------------|--------------|-------------|
| Ø Ball [mm]           | Weight [t]   | Percent [%] |
| 90                    | 25.0         | 25.0        |
| 80                    | 35.0         | 35.0        |
| 70                    | 25.0         | 25.0        |
| 60                    | 15.0         | 15.0        |
| <b>Total</b>          | <b>100.0</b> | <b>100</b>  |
| Average ball weight   | [ g ]        | 1667        |
| Spec. media surface   | [m2 / t]     | 10.2        |

Tabel 2.8 Holcim standart 2<sup>nd</sup> kompartement

| <b>2. Compartment</b> |              |             |
|-----------------------|--------------|-------------|
| Ø Ball [mm]           | Weight [t]   | Percent [%] |
| 50                    | 20.0         | 10.0        |
| 40                    | 20.0         | 10.0        |
| 30                    | 32.0         | 16.0        |
| 25                    | 32.0         | 16.0        |
| 20                    | 42.0         | 21.0        |
| 17                    | 54.0         | 27.0        |
| 15                    |              |             |
| <b>Total</b>          | <b>200.0</b> | <b>100</b>  |
| Average ball weight   | [ g ]        | 41          |
| Spec. media surface   | [m2 / t]     | 32.8        |

(Sumber : Tikaria Mill Workshop Hal 36 - 37)

Tabel 2.9 Kualitas Material Grinding Media

| Material quality        | Chemical composition                              | Feature  |
|-------------------------|---|--|
| Forged grinding media   | 0,5 – 1,0 % C                                     | – Available everywhere at favourable prices        |
|                         | 0,8 – 1,2 % Mn                                    | – Applied for not too abrasive materials           |
|                         | 0,8 – 12,0 % Cr                                   | – Hardness 25–65 HRC (surface only)                |
| White cast iron         | 2,8 – 3,3 % C                                     | – Specially used for wet grinding                  |
|                         | 0,1 – 0,4 % Mn                                    | – Large quality variations                         |
|                         | 0,1 – 0,4 % Cr                                    | – Only for mills < ø 3,5 m                         |
|                         | 0,4 – 0,8 % Si                                    | – Only for fine grinding<br>– Hardness : 45–50 HRC |
| High chromium cast iron | Raw grinding dry 2,0 – 3,0 % C                    | – Very wear resistant                              |
|                         | ~ 12,0 % Cr                                       | – Hardness : 48–68 HRC (throughout)                |
|                         | Raw grinding wet 20,0 – 30,0 % Cr                 |  |
|                         | Cement grinding 2,0 – 3,0 % C<br>12,0 – 17,0 % Cr |  |

(Sumber : Tikaria Mill Workshop Hal 38 - 39)

**Table 2.10 Tingkat pemakaian Spesifik Grinding Media**

| Material quality      | Unit  | Specific wear rate |             |             |             |             |             |
|-----------------------|-------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                       |       | Raw material       |             | Slurry      |             | Cement ①    |             |
|                       |       | Small balls        | Large balls | Small balls | Large balls | Small balls | Large balls |
| Forged balls          | g/kWh | 2 – 10             | 10 – 30     | 15 – 50     | 20 – 80     | 2 – 15      | 10 – 40     |
|                       | g/t   | 30 – 170           | 170 – 500   | 150 – 500   | 200 – 800   | 60 – 450    | 300 – 1200  |
| White cost iron balls | g/kWh | 2 – 6              | –           | 20 – 60     | –           | 5 – 15      | –           |
|                       | g/t   | 35 – 100           | –           | 200 – 600   | –           | 150 – 450   | –           |
| High chromium balls   | g/kWh | 1 – 3              | 2 – 5       | 10 – 20     | 15 – 30     | 0,5 – 1,5   | 1 – 2       |
|                       | g/t   | 15 – 50            | 30 – 80     | 100 – 200   | 150 – 300   | 15 – 50     | 30 – 70     |

(Sumber :Tikaria Mill Workshop Hal 38 - 39)

### 3. Berat Total Grinding Ball

Berat total bola grinding adalah berat keseluruhan bola yang dibutuhkan dalam penggilingan satu mill. Untuk mendapat berat total digunakan persamaan seperti berikut:

Volume massal media penggilingan didalam mill:

$$V_m = V \cdot \psi$$

(Shabana 2010 )

Dimana :

(V<sub>m</sub>) = Bulk volume

(V) = Volume gilingan

(ψ) = Ball charge

Berat Total Bola Gerinding, G

G = volume bulk (V<sub>m</sub>) x Kerapatan bulk (gm)

Maka

$$G = ((\pi \cdot D_i^2) / 4) \cdot L \cdot \psi \cdot \text{gm}$$

(Shabana 2010)

Kerapatan Bulk (gm) bola penggiling sekitar 4,5 metrik ton / m<sup>3</sup> atau seperti yang diberikan di bawah ini:

Bola baja 100 - 60 mm : 4,4 t / m<sup>3</sup>

Bola baja 30 - 20 mm : 4,8 t / m<sup>3</sup>

Bola baja 50 - 30 mm. : 4,6 t / m<sup>3</sup>

Berat jenis adalah 7,8 - 7,9 t / m<sup>3</sup>

## **2.10 Komposisi Bola Grinding**

### **1. Karbon**

Adanya karbon dalam besi diperlukan untuk membuat baja.. Kekerasan baja (atau lebih tepatnya, kemampuan pengerasan) meningkat dengan penambahan karbon lebih banyak, sampai sekitar 0,65-0,85 persen. Kenaikan ketahanan bisa meningkat dalam jumlah hingga sekitar 1,5 persen. Di luar jumlah ini, peningkatan karbon mengurangi ketangguhan dan meningkatkan kerapuhan.

### **2. Mangan**

Mangan meningkatkan kekuatan ferit, dan juga meningkatkan penetrasi kekerasan baja.

### **3. Silicon**

Silikon digunakan sebagai deoxidizer dalam pembuatan baja. Ini sedikit meningkatkan kekuatan ferit, dan bila digunakan bersamaan dengan paduan lainnya dapat membantu meningkatkan ketangguhan dan penetrasi kekerasan baja

### **4. Kromium**

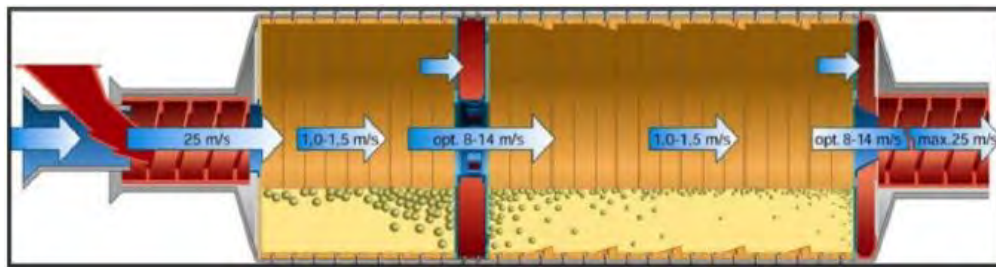
Chromium (Cr) memiliki kecenderungan untuk meningkatkan penetrasi kekerasan, ketangguhan dan ketahanan aus baja. Mungkin salah satu efek yang paling terkenal dari kromium pada baja adalah kecenderungan untuk melawan pewarnaan dan korosi. Baja dengan 12% atau lebih kromium disebut sebagai baja tahan karat.

## **2.11 Ventilasi Udara Dalam Mill**

Aspek utama untuk mengendalikan proses penggilingan adalah ventilasi udara didalam penggilingan. Dalam sistem ventilasi ini mill memiliki dua fungsi penting, yaitu pendinginan semen atau menahan panas yang dihasilkan selama proses penggilingan, dan membawa produk jadi dari area penggilingan menuju outlet. Hal Ini dapat membuat peningkatan yang menentukan dalam



hasil pengurangan ukuran. Ventilasi sel yang memadai pada kecepatan udara antara 1,2 dan 1,5 m / s pada penampang melintang bebas dari penggilingan



**Gambar 2.11 Ventilasi Data**

(Sumber : Qatar national cement company Hal 17)

### 1. Pengeringan Bahan:

Dalam proses penggilingan kering, sangat penting bahwa bahan untuk penggilingan memiliki kelembaban kurang dari 2% untuk mendapatkan kinerja gilingan yang baik. Bila bahan bakunya memiliki kelembaban antara 2 sampai 7%, dikeringkan dengan gas buang gas kiln di kompartemen terpisah sampai kelembabannya di bawah 2%. Jika kelembaban bahan bakarnya jauh di atas 7%, biasanya air ditambahkan untuk melakukan penggilingan dengan proses basah.

### 2. Penghantar Debu

Ventilasi yang sama yang digunakan untuk pengeringan bahan juga dapat digunakan untuk membawa partikel sangat kecil ke arah outlet. Alasan untuk melakukan ini adalah menghindari pemborosan energi dalam pengurangan ukuran yang tidak perlu dan mencoba meningkatkan produksi mill dan mendedikasinya pada saat bersamaan.

### 3. Pendinginan bahan

Bagian dari energi yang digunakan dalam penggilingan partikel diubah menjadi energi kalor, meningkatkan suhu mereka. Kenaikan suhu ini, membuat operasi penggilingan lebih sulit. Untuk mendinginkan material, draft udara dingin yang digunakan dan suhu penggilingan dapat dipertahankan di bawah 110 °C. Kecepatan udara normal di pedalaman penggiling adalah 1,2 sampai 1,5 m / detik (sistem tertutup). (Shabana : 2010)

## 2.12 Cyclone Separator (pemisah udara)

Penggunaan separator (pemisah) membuat produk yang dihasilkan dari penggilingan menjadi dua bagian, yang pertama terdiri dari partikel halus dan partikel kedua dari partikel kasar. Prinsip pemisahan ini terletak pada penggunaan gaya sentrifugal dengan cara aliran membentuk seperti pusaran (siklon dan turunannya, dll.) Untuk pengklasifikasi separator ini dapat dibagi menjadi 2 antara lain statis atau turbin rotasi dan dinamis.

### *Hydrocyclone design*

1. Vortex finder
2. Inlet head
3. Spigots (apex)
4. Overflow elbow
5. Feed inlet
6. Barrel
7. Cones
8. Cone extension

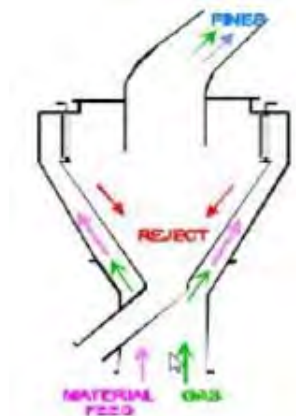


**Gambar 2.12 Hydrocyclone separator**

( Sumber : Basic in mineral processing chapter 4 Hal 10 )

### **1. Pemisah Udara Statis**

Karena tidak memiliki bagian putar untuk melakukan pemisahan. Pemisahan tersebut dilakukan dengan bantuan udara, yang membawa dan mengenalkan material di dalam pemisah. Static separator memisahkan partikel kecil tapi tidak mengangkatnya

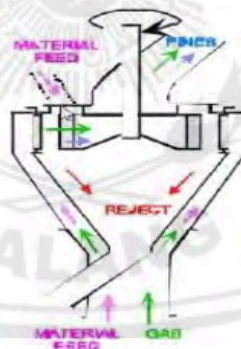


**Gambar 2.13 Static Separator**

(Sumber : Qatar national cement company Hal 24)

## 2. Pemisah Udara Dinamis atau Mekanik

Dalam hal ini bagian putaran dibutuhkan untuk melakukan pemisahan. Mereka mengambil partikel kecil dan besar dan menghasilkan udara sendiri oleh ventilasi yang merupakan bagian dari pemisah. Pemisah ini menggunakan platina distribusi yang mana berfungsi untuk menyebarkan bahan umpan ke ruang pemisah..



**Gambar 2.14 Dynamic Separator**

(Sumber : Qatar national cement company Hal 25)

Kecepatan udara, volume udara, dan kecepatan rotasi adalah faktor yang penting dalam memisahkan partikel halus dari yang kasar. pelat distribusi harus diberikan pada partikel-partikel yang terjadi gaya sentrifugal dengan besaran yang cukup untuk membuang partikel ke zona pemisah dengan lebih cepat .

(Shabana : 2010)